

# Laboratorium Automatykacji i Robotyzacji

Politechnika Rzeszowska  
Zakład Mechaniki Płynów i Aerodynamiki

## ĆWICZENIE 2

Podstawy obsługi i programowania manipulatora LR Mate 200iC Paletyzacja

*Ćwiczenie ma na celu zapoznanie z systemem sterowania robota LR Mate 200iC, R-30iB Fanuc, w tym: obsługa, sterownika, ora elementy programowania. Po zakończeniu ćwiczenia student zdobywa podstawy obsługi i programowania robota. Powinien potrafić samodzielnie przygotować robota do pracy, zaprojektować i uruchomić program.*

### 1 System sterowania z manipulatorem LR Mate 200iC

System sterowania manipulatorem przedstawiono na rysunku 1.



Rys 1. System sterownia z manipulatorem LR Mate 200iC

System składa się z kilku podstawowych elementów

- ramienia manipulacyjnego LR Mate 200iC (jednostka mechaniczna) – rys. 2,
- szafy sterowniczej R-30iB (sterownik jednostki mechanicznej) – rys. 3,
- ręcznego panelu sterującego (**teach pendant**) (urządzenie komunikacyjne) – rys. 4.

Robot LR Mate 200iC jest kompaktowym, wielozadaniowym robotem przemysłowym, potrafi szybko przenosić przedmioty o małej masie do 5kg. Sterownik R-30iB jest integralną częścią robota, zawiera sterownik, który realizuje w czasie rzeczywistym program sterujący ruchami jednostki mechanicznej oraz komunikację z urządzeniami zewnętrznymi. Ma dostęp do układu wejść/wyjść robota, umożliwiając urządzeniami peryferyjnymi. Ręczny panel sterującego (**teach pendant**) służy do komunikacji z robotem przez programistę czy operatora, posiada on kolorowy dotykowy wyświetlacz, klawiaturę port USB.

Szczegóły dotyczące budowy i zasady działania poszczególnych elementów systemu sterowania robotem LR Mate 200iC można znaleźć w dokumentacji: [1], [2].

| Parametr   | Opis  | Wartość  |
|------------|---|----------|
| $m_w$      | masa własna                                   | 27[kg]   |
| $m_{umax}$ | udźwig maksymalny                             | 7[kg]    |
| $v_{kmax}$ | maksymalna prędkość liniowa końcówki roboczej | 11[m/s]  |
| $R_{max}$  | maksymalny zasięg ramienia                    | 911[m]   |
| $\Delta_k$ | powtarzalność w przestrzeni kartezjańskiej    | 0.03[mm] |

Tablica 1: Wybrane parametry manipulatora LR Mate 200iC.



Rysunek 2: Manipulator LR Mate 200iC.

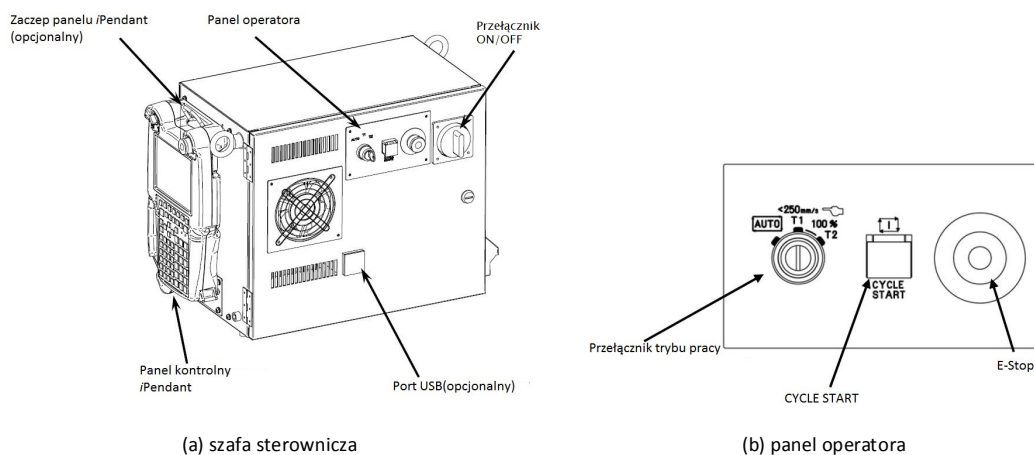
### 1.1 Uruchamianie systemu

W celu załączenia systemu należy przekręcić (przełącznik ON\OF) duże pokrętło znajdujące się w prawym górnym narożniku szafy sterowniczej o 90 stopni w prawą stronę (przełącznik w położeniu "ON" rys. 3a). Po tej czynności następuje ładowanie i inicjalizacja całego systemu, przy czym ramię manipulatora nie zostaje zasilone i pozostaje w pozycji początkowej.

Wyłączenie systemu polega na przekręceniu pokrętła załączającego o 90 stopni w stronę lewą (przełącznik w położeniu "OF"). Po tej czynności automatycznie wykonywana jest procedura zapisu stanu i zamykania systemu. Wszystkie dane i stan systemu z chwili poprzedzającej wyłączenie zostaną zachowane i przywrócone po ponownym załączeniu zasilania.

**Czerwone przyciski wyłączenia awaryjnego (tzw. E-STOP – *Emergency STOP*), umieszczone na ręcznym panelu sterującym, szafie sterowniczej oraz na osłonach przestrzeni roboczej. Służą do AWARYJNEGO, natychmiastowego zatrzymania manipulatora z jednoczesnym odłączeniem zasilania napędów. W przypadku zagrożenia bezpieczeństwa ludzi i samego manipulatora niezwłocznie nacisnąć przycisk E-STOP!!!**

**UWAGA! Nie wchodź w przestrzeń roboczą manipulatora przy włączonych napędach! Kontakt robota z człowiekiem grozi poważnym uszkodzeniem ciała!**

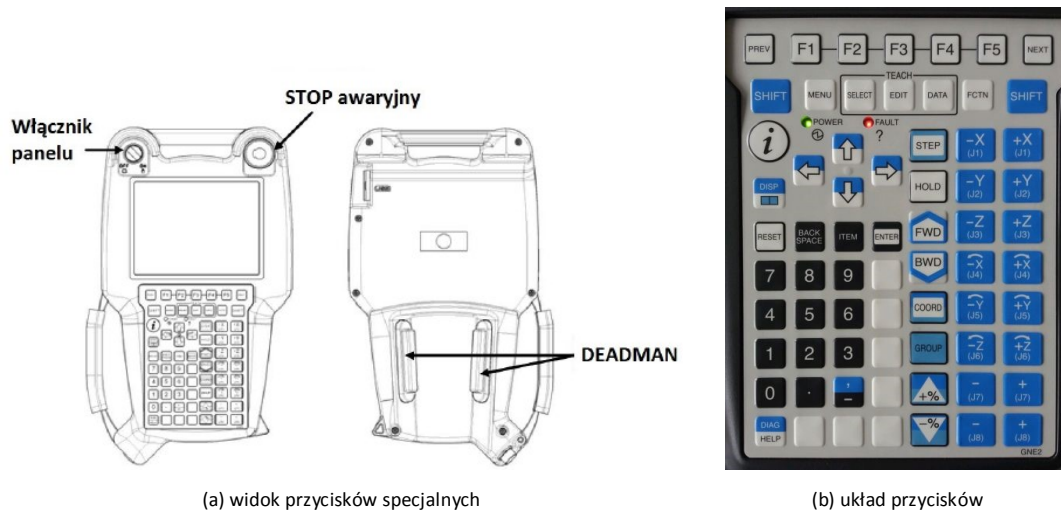


Rysunek 3: Szafa sterownicza R-30iB.

### 1.2 Tryby pracy

Praca robota może przebiegać w trzech trybach. Do wyboru trybu pracy służy przełącznik trybu pracy – patrz rys. 3b). Podczas tworzenia programu należy używać trybu T1

(test mode 1), w którym prędkość końcówki roboczej jest ograniczona do 250 mm/s. Tryb T2 (test mode 2) służy do uruchomienia przetestowanego wcześniej programu. W tym trybie prędkość nie jest ograniczona, co pozwala na sprawdzenie działania robota w docelowej prędkości. Do normalnej pracy robota przeznaczony jest tryb AUTO. W tym przypadku program może zostać uruchomiony jedynie z panelu kontrolnego szafy, a sterowanie ręczne jest niemożliwe.



(a) widok przycisków specjalnych

(b) układ przycisków

Rysunek 4: Panel komunikacji **teach pendant**.

### 1.2.1 Procedury bezpieczeństwa

W przypadku konieczności niezwłocznego zatrzymania pracy robota należy posłużyć się przyciskiem e-stop znajdującym się na szafie sterowniczej (rys. 3b) lub na panelu (**teach pendant**) (rys. 4a). Istnieje również możliwość zatrzymania wykonywanego programu za pomocą przycisku HOLD znajdującemu się na panelu (**teach pendant**). W miarę możliwości należy zatrzymywać program za pomocą przycisku HOLD.




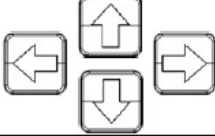

Zaprojektowany program należy zawsze przetestować w trybie T1 przed uruchomieniem go w trybie T2 lub AUTO (rys. 2b). Uruchamianie w trybie T2 lub AUTO należy wykonywać pod nadzorem prowadzącego zajęcia.

**NIEBEZPIECZEŃSTWO: Nie wolno uruchamiać programu w trybie T2 lub AUTO, gdy wewnątrz obszaru roboczego ramienia znajdują się jakieś osoby.**

### 1.3 Panel ręczny

Do komunikacji z robotem wykorzystany jest panel (**teach pendant**) wyposażony w duży kolorowy wyświetlacz dotykowy oraz klawiaturę oraz port USB. Pozwala on zarówno na

ręczne kontrolowanie pracy robota jak i na tworzenie i uruchamianie programów. Układ przycisków przedstawia rysunek rys. 4b. Pomędzy przyciskami umieszczone zostały także dwie diody sygnalizacyjne: „Power” oraz „Fault”. Dioda „Power” sygnalizuje stan zasilania kontrolera, natomiast „Fault” powiadamia o wystąpieniu alarmu. Oprócz tego Znajdują się na nim także standardowe dla programatorów przyciski specjalne: STOPu awaryjnego, włącznik oraz dwa przyciski DEADMAN umieszczone w tylnej części panelu (rys. 3a). Do nawigacji pomiędzy okienkami służą przyciski przedstawione na rysunku 5.

|   |  |
|---|--|
|    | Pozwala na powrót do poprzednich okien w przypadku otwarcia okienek menu |
|    | Wybiera aktualnie zaznaczoną opcję                                       |
|    | Usuwa znak przed kursorem w trakcie wpisywania                           |
|   | Przyciski pozwalają na manipulację kursorem na ekranie panelu iPendant   |
|  | Przesuwa kursor do linii określonej przez wpisaną następnie wartość      |

Rysunek 5: Przyciski służące do nawigacji.

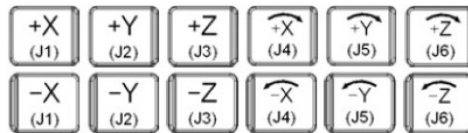
#### 1.4 Logowanie użytkownika

W systemie robota zdefiniowane są cztery poziomy dostępu. W zależności od poziomu użytkownik ma ograniczony dostęp do niektórych funkcji robota. Po uruchomieniu systemu poziom użytkownika to „Operator”. Na tym poziomie można poruszać robotem jak i uruchamiać programy nie można natomiast dokonywać żadnych zmian. W celu zrealizowania zadań postawionych w tym ćwiczeniu niezbędne jest zalogowanie na konto z poziomem uprawnień „Setup”. W tym celu należy nacisnąć przycisk ‘Menu’, wybrać ‘Setup’ a następnie ‘Passwords’. Po naciśnięciu ‘F2’, „LOGIN” pojawi się okno z listą użytkowników. Wybrać użytkownika „\*\*\*\*\*” i nacisnąć ‘F2’, „LOGIN”. W polu „Enter password:” należy wpisać hasło Fra70bu (naciskając po kolei przyciski ‘F2’, ‘F1’, strzałka w prawo, ‘F1’) i potwierdzić przyciskiem ‘ENTER’.

#### 1.5 Sterowanie robotem

Sterowanie manualne polega na ręcznym przeprowadzeniu każdego ruchu manipulatora. Może ono przebiegać w różnych układach współrzędnych: układ ‘World’ związany z podstawą robota, układ ‘Base’ będący skalibrowanym przez użytkownika układem kartezjańskim, układ ‘Tool’ będący układem skalibrowanego narzędzia oraz układ ‘Joint’ pozwalający na sterowanie manipulatorem poprzez obracanie poszczególnych przegubów. Do

wyboru układu odniesienia w jakim poruszany będzie robot służy przycisk 'COORD'. Przyciski odpowiadające za ruch robota w określonym przegubie lub w określonej osi aktywnego układu przedstawia rysunek rys. 6. Przyciski te są aktywne tylko, gdy wciśnięty jest przycisk 'SHIFT'.



Rysunek 6: Przyciski odpowiadające za sterowanie ruchem manipulatora.

Prędkość ruchu zarówno w trybie ręcznym jak i podczas testowania programu można zmieniać, w zakresie 1 - 100% maksymalnej prędkości, używając przycisków przedstawionych na rysunku rys. 7.



Rysunek 7: Przyciski odpowiadające za zmianę prędkości ruchu manipulatora.

W celu poruszenia robotem w trybie ręcznym należy wykonać poniższe czynności:

- 1 Wybrać odpowiedni układ współrzędnych klikając wielokrotnie Przycisk 'COORD',
- 2 Przycisnąć i przytrzymać przycisk 'DEADMAN',
- 3 Przycisnąć przycisk 'Reset',
- 4 Przycisnąć i przytrzymać przycisk 'SHIFT',
- 5 Przyciskać odpowiednie przyciski ruchu w celu poruszenia manipulatora.

## 1.6 Otwarcie i zamknięcie chwytaka

W celu otwarcia lub zamknięcia chwytaka należy nacisnąć przycisk 'Menu', wybrać 'MANUAL FCTNS' i potwierdzić wybór przyciskiem 'ENTER'. Pojawi się ekran z instrukcjami 'Open hand 1' do otwarcia oraz 'Close hand 1' do zamknięcia chwytaka. Wybrać odpowiednią instrukcję i trzymając wciśnięty przycisk 'SHIFT' jednocześnie przycisnąć 'F3', „EXEC”.

1. Przeprowadzić załączenie systemu.
2. Upewnić się czy aktualnie wybranym trybem jest T1.
3. Załączyć napędy robota.
4. Dla wszystkich przestrzeni ruchu JOINT, WORLD, TOOL zrealizować ruchy poszczególnych stopni swobody ramienia i zaobserwować różnice w ich wykonaniu. Uzasadnić różny sposób poruszania się robota w różnych przestrzeniach.
5. Otworzyć i zamknąć chwytak manipulatora.
6. Ustawić ramię w położeniu wyjściowym.

## 2 Ustawienie systemu sterowania robota

W celu prawidłowego korzystania z robota należy ustawić jego podstawowe parametry. Najważniejszą informacją dla systemu robota jest położenie końcówki narzędzia (TCP - tool center point). To właśnie położenie tego punktu jest zapisywane w systemie, to dla niego jest projektowana trajektoria w przestrzeni zewnętrznej i to on porusza się z zadaną w programie prędkością.

### 2.1 Definiowanie narzędzia

Praca robota może przebiegać w różnych układach odniesienia. Istnieje domyślnie skalibrowany układ WORLD związany z podstawą robota. Poza nim istnieje możliwość skalibrowania własnych układów: związanych z narzędziem lub przestrzenią roboczą.

Podczas ćwiczenia będzie wykorzystywany układ TOOL - jest to układ związany z osiami narzędzia. Najprostszą metodą kalibracji narzędzia jest metoda trzech punktów, polegająca na wyznaczeniu punktu środkowego narzędzia. Ograniczeniem tej metody jest brak możliwości skalibrowania orientacji narzędzia. W tym wypadku orientacja narzędzia jest dziedziczona po narzędziu wcześniej zapisanym.

Przebieg kalibracji narzędzia metodą trzech punktów:

- 1 Przycisnąć przycisk 'Menu'. Wyświetlony zostaje ekran menu.
- 2 Wybrać „6 SETUP” a następnie „Frames”.
- 3 Przycisnąć 'F3', „[OTHER]” i wybrać „Tool Frame”. Wyświetlona zostaje lista narzędzi – rys. 7.

| SETUP Frames                         |     |                |     |         |   |
|--------------------------------------|-----|----------------|-----|---------|---|
| Tool Frame                           |     | / Direct Entry |     | 1/10    |   |
|                                      | X   | Y              | Z   | Comment |   |
| 1                                    | 0.0 | 0.0            | 0.0 | [       | ] |
| 2                                    | 0.0 | 0.0            | 0.0 | [       | ] |
| 3                                    | 0.0 | 0.0            | 0.0 | [       | ] |
| 4                                    | 0.0 | 0.0            | 0.0 | [       | ] |
| 5                                    | 0.0 | 0.0            | 0.0 | [       | ] |
| 6                                    | 0.0 | 0.0            | 0.0 | [       | ] |
| 7                                    | 0.0 | 0.0            | 0.0 | [       | ] |
| 8                                    | 0.0 | 0.0            | 0.0 | [       | ] |
| 9                                    | 0.0 | 0.0            | 0.0 | [       | ] |
| 10                                   | 0.0 | 0.0            | 0.0 | [       | ] |
| Active TOOL \$MNUTOLNUM[G:1] = 1     |     |                |     |         |   |
| [ TYPE ] DETAIL [OTHER] CLEAR SETIND |     |                |     |         |   |

Rysunek 7: Lista wyboru skalibrowanych narzędzi.

- 4 Przycisnąć 'F2', „DETAIL”. Wyświetlone zostaje okno ustawień narzędzia.



- 5 Przycisnąć 'F2', „METHOD” i wybrać „Three Point”. Wyświetlona zostaje ekran kalibracji narzędzia – rys. 8.
- 6 Dodawanie komentarza (np. nazwa narzędzia):
  - Przesunąć kursor do linii „Comment” i przycisnąć 'ENTER',
  - Wybrać metodę wprowadzania komentarza,
  - Naciskać odpowiednie przyciski funkcyjne (F1-F5) aby dodać komentarz,
  - Aby zakończyć przycisnąć 'ENTER'.
- 7 Dodawanie punktu podejścia:

| SETUP Frames                     |            |             |     |     |     |
|----------------------------------|------------|-------------|-----|-----|-----|
| Tool Frame                       |            | Three Point |     | 1/4 |     |
| Frame Number: 1                  |            |             |     |     |     |
| X:                               | 0.0        | Y:          | 0.0 | Z:  | 0.0 |
| W:                               | 0.0        | P:          | 0.0 | R:  | 0.0 |
| Comment:                         |            | TOOL1       |     |     |     |
| Approach point 1:                |            | UNINIT      |     |     |     |
| Approach point 2:                |            | UNINIT      |     |     |     |
| Approach point 3:                |            | UNINIT      |     |     |     |
| Active TOOL \$MNUTOLNUM[G:1] = 1 |            |             |     |     |     |
| [ TYPE ]                         | [ METHOD ] | FRAME       |     |     |     |

Rysunek 8: Ekran kalibracji narzędzia metodą trzech punktów.

- Przesunąć kursor do linii „Approach point”,
- Ustawić robota tak by punkt środkowy narzędzia dotykał punktu referencyjnego (dowolny stały punktu w przestrzeni roboczej). Dla każdego zapamiętywanego punktu orientacja narzędzia musi być inna.
- Trzymając wciśnięty przycisk 'SHIFT' jednocześnie przycisnąć 'F5', „RECORD”, aby zapisać aktualną pozycję. Napis „UNINIT” obok aktualnego punktu powinien zmienić się na „RECORDED” – rys. 9.

| SETUP Frames                     |            |             |         |        |     |
|----------------------------------|------------|-------------|---------|--------|-----|
| Tool Frame                       |            | Three Point |         | 1/4    |     |
| Frame Number: 1                  |            |             |         |        |     |
| X:                               | 0.0        | Y:          | 0.0     | Z:     | 0.0 |
| W:                               | 0.0        | P:          | 0.0     | R:     | 0.0 |
| Comment:                         |            | TOOL1       |         |        |     |
| Approach point 1:                |            | RECORDED    |         |        |     |
| Approach point 2:                |            | RECORDED    |         |        |     |
| Approach point 3:                |            | UNINIT      |         |        |     |
| Active TOOL \$MNUTOLNUM[G:1] = 1 |            |             |         |        |     |
| [ TYPE ]                         | [ METHOD ] | FRAME       | MOVE_TO | RECORD |     |

Rysunek 9: Proces dodawania punktów pomiarowych. Punkty 1 i 2 zostały zapisane.



- Po zapisaniu trzech punktów zamiast „RECORDED” wyświetlone zostaje „USED”. Narzędzie zostało skalibrowane – rys. 10.
- W celu sprawdzenia położenia robota w zapisanych pozycjach można do nich wykonać automatyczny dojazd robotem. W tym celu należy przytrzymać przycisk ‘SHIFT’ i wcisnąć przycisk ‘F4’, „MOVE\_TO”.
  - Aby zobaczyć szczegóły dotyczące zapisanej pozycji, należy przesunąć kursor do danej pozycji i wcisnąć ‘ENTER’. Aby powrócić z okna szczegółów należy wcisnąć ‘PREV’.
  - Aby powrócić do okna listy narzędzi, należy nacisnąć przycisk ‘PREV’.
  - Aby użyć skalibrowanego narzędzia, należy znajdując się w oknie listy narzędzi, przycisnąć ‘F5’, „SETIND”. Numer aktywnego narzędzia przechowywany jest w zmiennej \$MNUTOLNUM – rys. 11
  - Aby usunąć narzędzie należy przesunąć kursor do odpowiedniej linii i przycisnąć ‘F4’, „CLEAR”.

| SETUP Frames                     |             |       |         |        |     |
|----------------------------------|-------------|-------|---------|--------|-----|
| Tool Frame                       | Three Point |       |         | 1/4    |     |
| Frame Number:                    | 1           |       |         |        |     |
| X:                               | 0.0         | Y:    | 0.0     | Z:     | 0.0 |
| W:                               | 0.0         | P:    | 0.0     | R:     | 0.0 |
| Comment:                         | TOOL1       |       |         |        |     |
| Approach point 1: USED           |             |       |         |        |     |
| Approach point 2: USED           |             |       |         |        |     |
| Approach point 3: USED           |             |       |         |        |     |
| Active TOOL \$MNUTOLNUM[G:1] = 1 |             |       |         |        |     |
| [ TYPE ]                         | [METHOD]    | FRAME | MOVE_TO | RECORD |     |

Rysunek 10: Zakończenie procesu dodawania kalibracyjnych punktów pomiarowych.

| SETUP Frames                      |               |           |       |          |
|-----------------------------------|---------------|-----------|-------|----------|
| Tool Frame                        | / Three Point |           |       | 1/10     |
|                                   | X             | Y         | Z     | Comment  |
| 1                                 | 100.0         | 0.0       | 120.0 | [TOOL1 ] |
| 2                                 | 0.0           | 0.0       | 0.0   | [ ]      |
| 3                                 | 0.0           | 0.0       | 0.0   | [ ]      |
| 4                                 | 0.0           | 0.0       | 0.0   | [ ]      |
| 5                                 | 0.0           | 0.0       | 0.0   | [ ]      |
| 6                                 | 0.0           | 0.0       | 0.0   | [ ]      |
| 7                                 | 0.0           | 0.0       | 0.0   | [ ]      |
| 8                                 | 0.0           | 0.0       | 0.0   | [ ]      |
| 9                                 | 0.0           | 0.0       | 0.0   | [ ]      |
| 10                                | 0.0           | 0.0       | 0.0   | [ ]      |
| Active TOOL \$MNUTOLNUM [G:1] = 1 |               |           |       |          |
| [ TYPE ]                          | DETAIL        | [ OTHER ] | CLEAR | SETIND   |

Rysunek 11: Lista wyboru skalibrowanych narzędzi z zapisaną pozycją 1.

## 2.2 Wybór aktywnego narzędzia

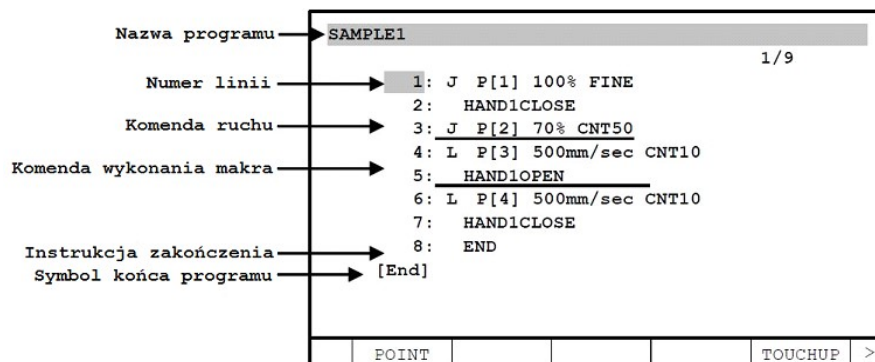
W celu zmiany wybranego narzędzia, należy wyświetlić listę narzędzi (kroki 1-5 Przebiegu kalibracji narzędzia metodą trzech punktów). Następnie przycisnąć 'F5', „SETIND” i podać numer narzędzia. Wybór potwierdzić, naciskając przycisk 'ENTER'. Innym sposobem na zmianę aktywnego narzędzia jest naciśnięcie przycisku 'COORD' z wciśniętym przyciskiem 'SHIFT'. Po wyświetleniu małego okna z prawej strony wystarczy tylko nacisnąć przycisk z numerem nowego narzędzia.

1. Umieścić w chwytaku kostkę kalibracyjną.
2. Przeprowadzić kalibrację narzędzia nr 1 wykorzystując wskaźnik jako punkt referencyjny.
3. Po zakończeniu procedury kalibracji, wybrać nowo skalibrowane narzędzie jako aktywne i sprawdzić realizację ruchu końcówki manipulatora w układzie współrzędnych narzędzia.

## 3 Tworzenie i edycja programu

Program sterujący robotem składa się z komend zdefiniowanych przez użytkownika, opisujących działanie robota i sposób jego wykonania. Tworzenie programu polega na dodawaniu kolejnych linii i wstawianiu do nich komend.

Każda linia programu zawiera oddzielną komendę. Wykonywane są one po kolei, od początku do końca programu. Typowe komendy występujące w programie to komenda ruchu (zadanie zmiany pozycji robota w konkretny sposób, z określoną prędkością i precyzją), komenda wykonania makra (na przykład zamknięcia chwytaka), komenda pętli for czy skoku do etykiety (jump). Przykładowy program przedstawiono na rys. 12.



Rysunek 12: Struktura programu.

### 3.1 Utworzenie nowego programu

Program przechowywany w pamięci sterownika jest jednoznacznie określony przez nazwę programu. Nie można nadać tej samej nazwy więcej niż jednemu programowi. Nazwa musi zawierać od jednego do 36 znaków: znaki alfabetyczne, cyfry 0 do 9, oraz symbol „\_”. Nazwa programu nie może zawierać znaków „@” i „\*” oraz nie może zaczynać się cyfrą.

Ponadto zabronione nazwy programów to słowa kluczowe instrukcji systemu programowania, takie jak: CON, PRN, AUX, NUL, COM1, COM2, COM3, COM4, COM5, COM6, COM7, COM8, COM9, LPT1, LPT2, LPT3, LPT4, LPT5, LPT6, LPT7, LPT8, LPT9.

W celu utworzenia nowego programu należy wykonać następujące czynności:

- 1 Przycisnąć przycisk 'SELECT'. Wyświetlony zostaje ekran listy programów – rys. 13.

| No. | Program name | Comment               |
|-----|--------------|-----------------------|
| 1   | -BCKEDT-     | [ ]                   |
| 2   | GETDATA      | MR [Get PC Data ]     |
| 3   | REQMENU      | MR [Request PC Menu ] |
| 4   | SENDDATA     | MR [Send PC Data ]    |
| 5   | SENDEVNT     | MR [Send PC Event ]   |
| 6   | SENDSYSV     | MR [Send PC Sysvar ]  |
| 7   | SAMPLE1      | [SAMPLE PROGRAM1 ]    |
| 8   | SAMPLE2      | [SAMPLE PROGRAM2 ]    |
| 9   | PROG001      | [PROGRAM001 ]         |
| 10  | PROG002      | [PROGRAM002 ]         |

Rysunek 13: Ekran wyboru programu.

- 2 Przycisnąć 'F2', „CREATE”. Otwarte zostanie okno tworzenia programu – rys. 14.
- 3 Strzałkami wybrać sposób wprowadzania nazwy programu („Words” - wprowadzanie całych gotowych słów”, „Upper Case” – duże litery, „Lower Case” – małe litery) – rys. 14.

--- Create Teach Pendant Program ---

Program Name:

-- End --

Enter program name

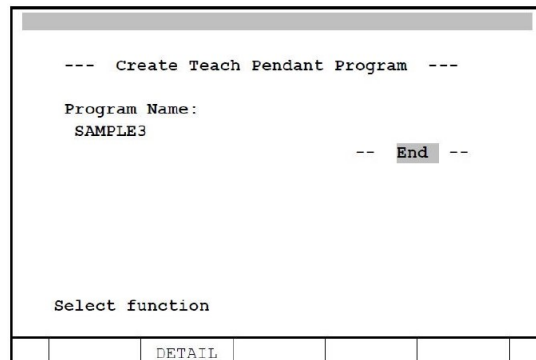
Alpha input1

- Words
- Upper Case
- Lower Case
- Options

ABCDEF GHIJKL MNOPQR STUVWX YZ @# .

Rysunek 14: Ekran tworzenia programu.

- 4 W celu dodania nazwy należy przyciskać odpowiednie przyciski funkcyjne (F1-F5). W przypadku wprowadzania pojedynczych liter, należy przyciskać odpowiednie przyciski funkcyjne wielokrotnie, aby wybrana została odpowiednia litera. Na przykład w celu wpisania litery 'D', należy przycisnąć przycisk 'F1' czterokrotnie.
- 5 Aby zapisać nazwę programu, należy nacisnąć przycisk 'ENTER' – rys. 15.



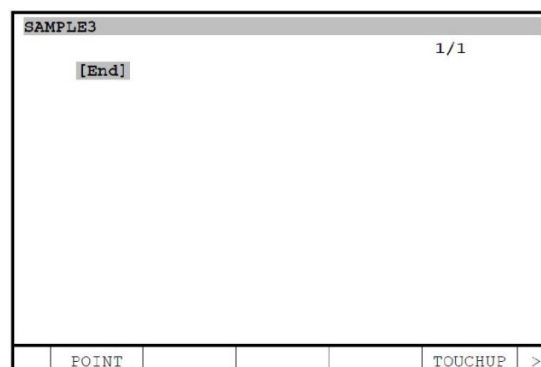
Rysunek 15: Proces tworzenia programu.

- 6 Aby przejść do edycji utworzonego programu należy przycisnąć 'F3', „EDIT” lub 'ENTER'. Wyświetlone zostanie okno edycji programu – rys. 16.
- 7 Przetawić robota do pozycji, jaka ma być zapisana.
- 8 Przenieść kursor na ekranie edycji programu do linii „[END]” – rys.16.
- 9 Przycisnąć przycisk 'F1', „POINT’. Wyświetlone zostaje menu standardowych instrukcji ruchu.

Robot wykorzystuje standardowo 4 instrukcje ruchu:

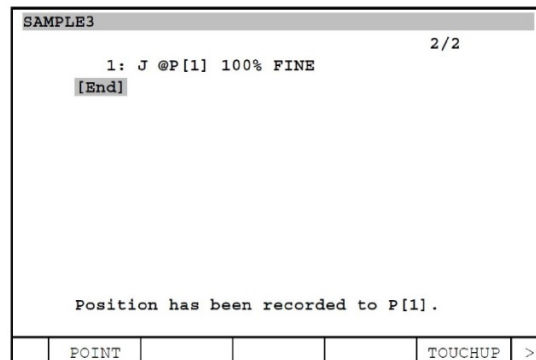
- Linear (L) - ruch po trajektorii prostoliniowej,
- Joint (J) - ruch osiowy (w przegubach),
- Circular (C) - ruch po łuku przechodzącym przez punkt pomocniczy,
- Circle Arc (A) - ruch po łuku przechodzącym przez 3 punkty wyznaczone w 3 instrukcjach „A”.

Każda instrukcja ruchu posiada informacje o dokładności wykonywanego ruchu:



Rysunek 16: Okno edycji programu.

- FINE - Dokładne wykonanie ruchu z zatrzymaniem w punkcie docelowym,
  - CNT0-CNT100 - ruch bez zatrzymania w punkcie docelowym, dokładność zależy od podanej wartości (0 - przejechanie przez punkt docelowy, 100 - ścieżka optymalna).
- 10 Wybrać jedną z dostępnych instrukcji ruchu (L, J) i przycisnąć 'ENTER'. Aktualna pozycja zostanie automatycznie zapisana przy tej instrukcji – rys. 17.



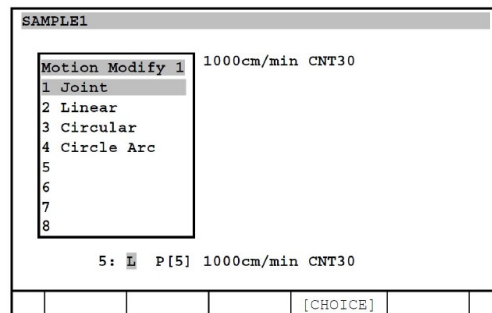
Rysunek 17: Okno edycji programu z wprowadzoną instrukcją ruchu.

- 11 Powtarzać punkty 7-10 dla każdej pozycji, przez jaką ma przejechać robot.
- 12 Przyciśnięcie przycisk 'F1', „POINT” z wciśniętym równocześnie przyciskiem 'SHIFT' spowoduje dodanie ostatnio używanej instrukcji ruchu.

### 3.2 Edytowanie istniejących elementów programu

W przypadku, gdy chcemy zmienić część istniejącego już programu, możemy go ponownie otworzyć, a następnie modyfikować istniejące już linie, wstawiać nowe, oraz usuwać zbędne. Punkty położenia robota, znajdujące się w starych komendach, możemy nadpisać nowymi, możemy zmienić prędkość oraz dokładność wykonywania ruchu.

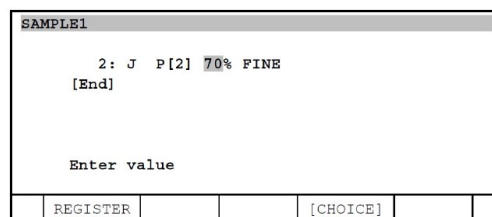
- 1 Przycisnąć przycisk 'SELECT'. Wyświetlony zostaje ekran listy programów.
- 2 Przejść kursorem do linii z programem który ma być edytowany.
- 3 Przycisnąć przycisk 'ENTER' aby otworzyć okno edycji programu.
- 4 Przejść kursorem do linii programu którą ma być zmieniona.
- 5 Aby zmienić zapisaną pozycję, należy ustawić robota w nowej pozycji i przycisnąć przycisk 'F5', „TOUCHUP” z wciśniętym jednocześnie przyciskiem 'SHIFT'.
- 6 Aby zmienić instrukcję ruchu na inną, należy przejść kursorem w danej linii programu do elementu określającego rodzaj ruchu. Następnie przycisnąć 'F4', „CHOICE” i wybrać nową instrukcję ruchu – rys. 18.



Rysunek 18: Okno wyboju rodzaju ruchu robota.

- 7 Aby zmienić prędkości ruchu, należy przesunąć kursor do elementu zawierającego wartość prędkości przesuwu, a następnie wpisać nową wartość i potwierdzić przyciskiem 'ENTER' – rys.

19.



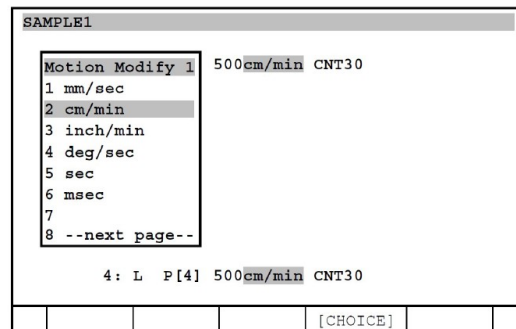
Rysunek 19: Proces zmiany prędkości ruchu robota.

- 8 Aby zmienić jednostkę prędkości ruchu, należy przesunąć kursor do elementu zawierającego jednostkę prędkości przesuwu, a następnie przycisnąć 'F4', „CHOICE” i wybrać nową wartość – rys. 20.
- 9 Aby zmienić dokładność pozycjonowania robota, należy przesunąć kursor do odpowiedniego elementu, a następnie przycisnąć 'F4', „CHOICE” i wybrać nową wartość (Cnt - ruch ciągły z możliwością określenia dokładności ruchu względem punktu docelowego/przejazdowego, Fine – dokładnie dojechanie do danej pozycji i chwilowe zatrzymanie w niej) – rys. 21.

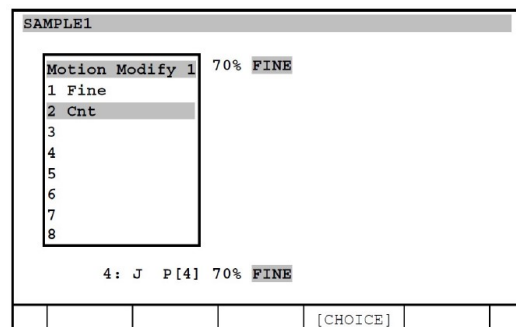
### 3.3 Dodawanie i usuwanie linii programu

W celu dodania lub usunięcia linii, należy wybrać pustą linię, a następnie:

- 1 Przycisnąć 'F5', „[EDCMD]”
- 2 Wybrać „Insert” („Delete”)
- 3 Podać, ile linii ma być wstawionych (lub usuniętych) i przycisnąć 'ENTER'.



Rysunek 20: Okno zmiany jednostki prędkości ruchu robota.



Rysunek 21: Okno zmiany dokładności ruchu robota.

### 3.4 Uruchomienie programu w trybie testowym

Po zakończeniu modyfikacji lub dodaniu nowego programu, należy go uruchomić i przetestować. Ma to na celu sprawdzenie, czy wyznaczone ścieżki ruchów robota nie są kolizyjne oraz czy robot wykonuje poprawnie czynności, które zostały zaprogramowane.

Pierwszy test programu powinien być przeprowadzony w trybie T1, gdzie prędkość ruchu jest ograniczona, co zminimalizuje prawdopodobieństwo ewentualnego uszkodzenia robota, bądź jego otoczenia.

W celu uruchomienia programu należy:

- 1 Przycisnąć przycisk 'SELECT'. Wyświetlony zostaje ekran listy programów.
- 2 Przejść kursorem do linii z programem, który ma być przetestowany.
- 3 Przycisnąć przycisk 'ENTER', aby otworzyć okno edycji programu.
- 4 Przejść kursorem do linii programu, od której ma zacząć się testowanie.
- 5 Wcisnąć przycisk 'DEADMAN', potwierdzić komunikaty przyciskiem 'RESET'. Przytrzymać przycisk 'SHIFT' oraz 'FWD' (jeśli robot ma wykonywać polecenia w kolejności rosnącej) lub



'BWD' (jeśli robot ma cofnąć się do poprzednich poleceń – polecenia wykonywane w kolejności malejącej w stosunku do numeracji linii programu).

- 6 Program wykonywany jest tak długo jak wciśnięty jest przycisk 'SHIFT'. Przycisk 'FWD' lub 'BWD' można zwolnić.

1. Utworzyć nowy program.
2. Zapisać przejazd robota pomiędzy 3 punktami korzystając z komendy „J P[ ] 100% FINE”.
3. Uruchomić i przetestować utworzony program.
4. Zmienić dokładność dojazdu do punktu (CNT0-CNT100). sposób dojazdu do punktów.
5. Ponownie uruchomić i przetestować program. Zaobserwować różnice w sposobie poruszania się robota.
6. Zmienić sposób dojazdu do punktów na „Linear”.
7. Ponownie uruchomić i przetestować program. Zaobserwować różnice w sposobie poruszania się robota.

## 4 Tworzenie i edycja programu

### 4.1 Rejestry

W systemie robota istnieją specjalne zmienne globalne nazywane rejestrami. Najważniejsze rejestry to:

- R[i] – jest zmienną służącą do przechowywania liczby całkowitej lub ułamka,
- PR[i] – rejestr pozycji jest zmienną przechowującą dane pozycji (x,y,z,w,p,r),
- PL[i,j,k] – rejestr paletyzacji, jest to wskaźnik do aktualnej pozycji macierzy paletyzacji, gdzie i, j, k to odpowiednio numer: wiersza, kolumny oraz warstwy,
- AR[i] – rejestr argumentów, dostępny w przypadku wywołania programu za pomocą funkcji CALL z argumentami.

W celu wyświetlenia ekranu rejestrów, należy nacisnąć przycisk 'Menu', wybrać „NEXT”, a następnie „DATA” i wybrać odpowiednie rejestry.

### 4.2 Pętla FOR

Pętla FOR jest strukturą kontrolną powtarzającą blok kodu objętego pętlą aż do spełnienia określonego warunku. Pętla rozpoczyna się komendą FOR a kończy komendą ENDFOR.

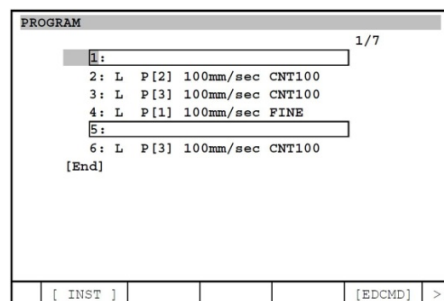
Struktura pętli FOR, zliczającej w górę, przedstawia się następująco:

FOR ( licznik ) = ( wartość początkowa) TO ( wartość końcowa) blok z kodem programu ENDFOR

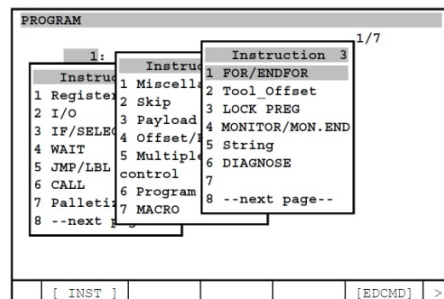
Procedura wstawiania instrukcji FOR przewiduje czynności:

- 1 Przejść do ekranu edycji programu, w którym ma być użyta pętla FOR.

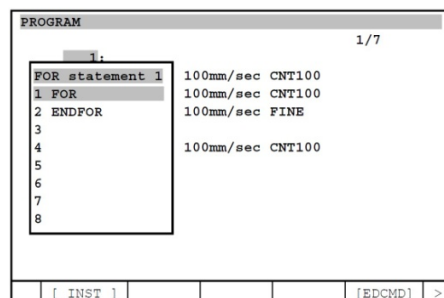
- 2 Na początku i końcu sekcji, która ma być powtarzana, wstawić puste linie.
  - Przycisnąć przycisk 'F5', „[EDCMD]”.
  - Wybrać opcję „1 Insert”.
  - Podać, ile linii programu ma być wstawionych (w tym wypadku 1 na początku i na końcu sekcji) i przycisnąć 'ENTER' – rys. 22.
- 3 Przejść kursorem do pustej linii na początku powtarzanej sekcji i przycisnąć 'F1', „[INST]” – rys. 23.
- 4 Wybrać „FOR/ENDFOR”.



Rysunek 22: Okno edycji programu z widocznymi pustymi liniami.



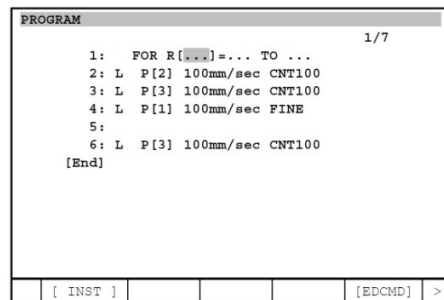
Rysunek 23: Funkcja „FOR/ENDFOR” w menu „[INST]”.



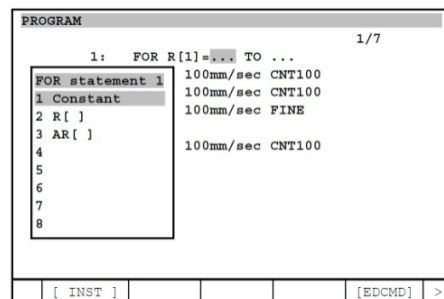
Rysunek 24: Menu wyboru początku lub zakończenia pętli.

- 5 Wybrać „FOR” – rys. 24.

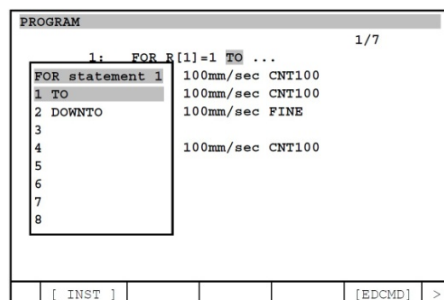
- 6 Kursor automatycznie przeniesie się do indeksu rejestru. Podać indeks rejestru (np. 1; jeżeli nie jest używany w innych miejscach programu) – rys. 25.
- 7 Następnie kursor przeskoczy do wartości początkowej. Należy podać z jaką wartością rejestru ma rozpocząć się wykonywanie pętli. Można podać wartość liczbową (Constant) lub wybrać zmienną rejestru jako wartość początkową – rys. 26.
- 8 Następnie należy wybrać, czy licznik pętli będzie inkrementowany („TO”) czy dekrementowany („DOWNTO”). W tym celu należy przycisnąć ‘F4’, „[CHOICE]” i wybrać „TO” lub „DOWNTO” – rys. 27.
- 9 Kursor automatycznie przenosi się do pola wartości docelowej. Należy wybrać wartość, po osiągnięciu której pętla zostanie zakończona. Przykładowo, chcąc wykonać 3 przebiegi pętli, po wybraniu wartości początkowej 1, należy wybrać wartość docelową 3 – rys. 28.



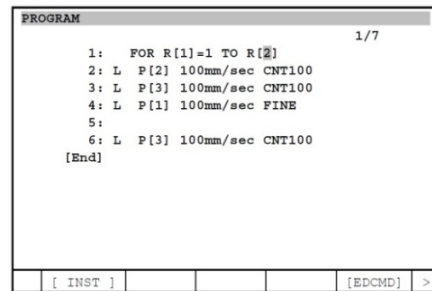
Rysunek 25: Proces wprowadzania instrukcji „FOR/ENDFOR” – wybór rejestru.



Rysunek 26: Proces wprowadzania instrukcji „FOR/ENDFOR” – wartość początkowa.



Rysunek 27: Proces wprowadzania instrukcji „FOR/ENDFOR” – wybór sposobu zliczania.



Rysunek 28: Proces wprowadzania instrukcji „FOR/ENDFOR” – wartość końcowa.

**10** Przejść do pustej linii kończącej powtarzaną sekcję i przycisnąć przycisk ‘F1’, „[INST]”.

**11** Wybrać „FOR/ENDFOR”, a następnie „ENDFOR”.

### 4.3 Instrukcja paletyzacji

Instrukcja paletyzacji służy do wykonania zadania paletyzacji za pomocą automatycznego obliczenia położenia elementów oraz ścieżek dojazdu. Składa się z następujących poleceń:

- **PALLETIZING-B [i]** : instrukcja rozpoczęcia paletyzacji o numerze i. Na podstawie rejestru paletyzacji, zawierającego aktualną iterację, oblicza położenie elementu oraz ścieżkę dojazdu,
- **J PAL\_i[rodzaj ruchu] \$100\%\$ FINE** : wykonuje ruch o określonej prędkości i dokładności do punktu obliczonego przez instrukcję paletyzacji. [rodzaj ruchu] może być określony poprzez: [A 1] (dojazd do punktu dojazdu elementu), [BTM] (dojazd do elementu), [R 1] (odjazd od elementu).
- **PALLETIZING-END [i]** : zakończenie paletyzacji, inkrementacja aktualnego elementu.

Procedura wprowadzenia instrukcji paletyzacji:

- 1** Zaznaczyć kursorem pożądaną linię kodu.
- 2** Przycisnąć przycisk ‘F1’, „[INST]”.
- 3** Wybrać opcję „Palletizing”.
- 4** Wybrać opcję „Palletizing-B”.
- 5** Pojawi się ekran wpisania danych początkowych. Należy wybrać liczbę wierszy, kolumn i warstw (ROWS, COLUMNS, LAYERS) – rys. 29.

| PROGRAM1                  |               |
|---------------------------|---------------|
| PALLETIZING Configuration |               |
| PALETIZING 4 [ ]          |               |
| TYPE = [PALLET ]          | INCR = [ 1 ]  |
| PAL REG = [ 1]            | ORDER = [RCL] |
| ROWS = [ 5]               |               |
| COLUMNS = [ 4]            |               |
| LAYERS = [ 3]             |               |
| AUXILIARY POS = [NO ]     |               |
| APPR = [ 2]               | RTRT = [ 2]   |
| Press ENTER               |               |
| FROG                      | DONE          |

Rysunek 29: Ekran danych początkowych.

- 6 Potwierdzić za pomocą przycisku 'F5', „DONE”.
- 7 Pojawi się ekran danych położenia elementów paletyzacji – rys. 30a. Należy za pomocą kombinacji przycisków 'SHIFT', 'F4' zapisać pozycję elementów wskazanych przez punkty P[i,j,k], gdzie parametry i, j, k to odpowiednio: wiersz, kolumna oraz warstwa – rys. 30b.
- 8 Potwierdzić za pomocą 'F5', „DONE”.
- 9 Należy zapisać punkty konfiguracji ruchu [A 1] (np. punkt nad manipulowanym elementem), [BTM] (punkt uchwycenia elementu), [R 1] (punkt odjazdu, np. równy punktowi [A 1]).
- 10 Potwierdzić za pomocą przycisku 'F5', „DONE”.
- 11 Zostanie ponownie wyświetlony ekran programu z wprowadzonymi instrukcjami paletyzacji.

Dane z konfiguracji

ROWS = [4 FIX]  
 COLUMNS = [3 FIX]  
 LAYERS = [5 FIX]  
 AUXILIARY POS = [NO ]

Punkty do nauczania

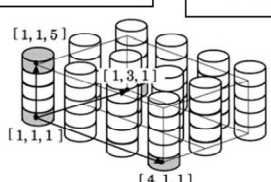
P [ 1,1,1]  
 P [ 4,1,1]  
 P [ 1,3,1]  
 P [ 1,1,5]

PROGRAM1

PALLETIZING Bottom Points

1: \*P[ 1, 1, 1] 1/1  
 2: \*P[ 4, 1, 1]  
 3: \*P[ 1, 3, 1]  
 4: \*P[ 1, 1, 5]  
 [End]

BACK RECORD DONE >



(b) Schemat palety

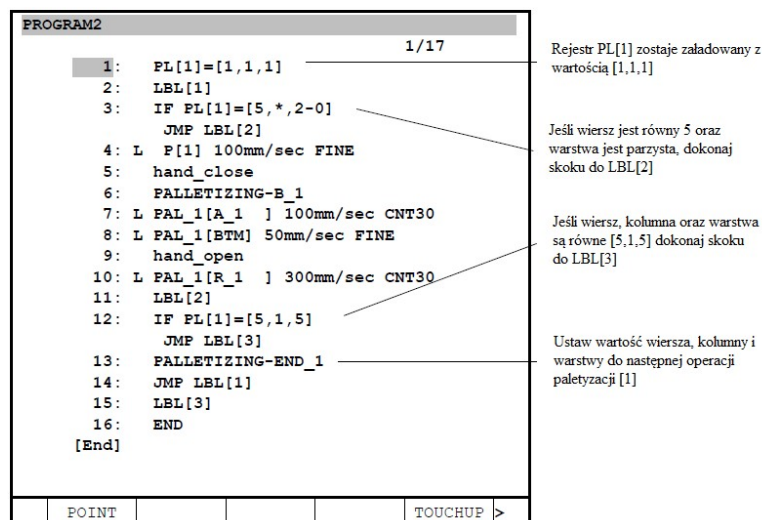
(a) Ekran danych położenia elementów paletyzacji

Rysunek 30: Paletyzacja

Podczas paletyzacji wykorzystywany jest rejestr PL[i], przy czym w systemie zadeklarowane są 32 takie rejestry. Wyboru numeru rejestru można dokonać na ekranie danych początkowych (rys. 29) w pozycji „PAL REG”. Należy pamiętać, że rejestry są zmiennymi globalnymi w związku z tym ten sam rejestr może być wykorzystywany przez różne instrukcje paletyzacji. Każdorazowe wykonanie instrukcji paletyzacji powoduje zwiększenie wartości rejestru. W

pierwszej kolejności zwiększana jest wartość wiersza. W momencie, w którym osiągnie maksymalną zadeklarowaną wartość, przeskakuje na wartość 1 i zwiększany jest indeks kolumn. Analogicznie, gdy kolumny osiągną maksymalną wartość, indeks kolumn przeskakuje na początek i zwiększany jest indeks warstw. W momencie osiągnięcia maksymalnych wartości przez wszystkie trzy indeksy, ich wartości zmieniane są na 1.

Na rysunku 31 przedstawiono przykładowy program paletyzacji. Wszystkie dodatkowe instrukcje można znaleźć w menu „[INST]” (rys. 23). Instrukcje otwarcia czy zamknięcia chwytaka dostępne są poprzez funkcję „MACRO”.



Rysunek 31: Przykładowy program wykorzystujący instrukcje paletyzacji.

1. Wybrać skalibrowane narzędzie do manipulacji elementami.
2. Utworzyć program z instrukcją paletyzacji wykonaną na 2 rzędach, 3 kolumnach i 1 warstwie z punktami znajdującymi się nad paletą 2.
3. Wypróbować działanie programu. Zwrócić uwagę na wpływ punktów dojazdu oraz umiejscowienia elementów na ruch manipulatora.
4. Utworzyć program z instrukcją paletyzacji wykonaną na 2 rzędach, 3 kolumnach i 1 warstwie z punktami znajdującymi się nad paletą 2.
5. Zakończyć pracę z robotem, czyli: usunąć utworzone programy, ustawić robota w pozycji nad stołem w odległości co najmniej 40cm, odłożyć panel, wyłączyć szafę sterowniczą i zamknąć celę.

## 5 Literatura

- [1] Fanuc Robotics. FANUC Robot series, R-30iB / R-30iB Mate Controller Operator's Manual (Basic Operation).
- [2] Fanuc Robotics. FANUC Robot LR Mate 200iD Operator's Manual, Mechanical Unit Operator's Manual.

